

УДК 669.1.022; 622.7:669.1

Л. А. Зайнуллин<sup>1,2</sup>, А. Ю. Епишин<sup>1</sup>, В. Г. Карелин<sup>1</sup>, Д. А. Артов<sup>1</sup>,  
Е. К. Курт<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ОАО «Научно-исследовательский институт  
металлургической теплотехники» (ОАО «ВНИИМТ»), г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## ТЕХНОЛОГИЯ ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБЕСФОСФОРИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБОЖЖЕННОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ РУДЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ GARA DJEVILET

### Аннотация

*В настоящее время в мире находится достаточно много перспективных месторождений с содержанием железа 45-60 %, но при этом железные руды таких источников имеют повышенную концентрацию вредных примесей, что в значительной мере ограничивает их вовлечение в производство. Например, в сталеплавильном переделе для удаления фосфора используют способ двойного скачивания шлака, значительно повышающий стоимость получаемой стали. Пониженное содержание фосфора в железорудном концентрате можно получить методом гидрометаллургии (выщелачивание фосфора неорганической кислотой) [1, 2-3]. На экспериментальной базе ОАО «ВНИИМТ» на основании разработанной технологии были проведены лабораторные исследования, в результате которых удалось снизить содержание фосфора в концентрате на 80 %. Исследовано влияние крупности измельчения, удельного расхода серной кислоты, температуры подогрева пульпы и длительности дефосфорации на остаточное содержание фосфора в обесфосфоренном концентрате. Исходя из результатов эксперимента были определены оптимальные технологические параметры сернокислотного выщелачивания, влияющие на качество дефосфорации магнетитового концентрата.*

**Ключевые слова:** дефосфорация, исследование, влияние технологических параметров, оптимальные параметры, содержание железа, остаточное содержание фосфора.

### Abstract

*Currently, there are a lot of promising deposits in the world with an iron content of 45-60 %, but the iron ores of such sources have an increased concentration of harmful impurities, which greatly limits their involvement in production. For example, in the steelmaking process for the removal of phosphorus, the method of double slag loading is used, which significantly increases the cost of the steel produced. Low phosphorus content in iron ore concentrate can be obtained by hydrometallurgy (leaching of phosphorus with an inorganic acid) [1, 2-3]. On the basis of the developed technology, laboratory studies were conducted on the experimental base of OJSC VNIIMT, as a result of which it was possible to reduce the phosphorus content in the concentrate by 80 %. The influence of grinding size, specific consumption of sulfuric acid, temperature of pulp heating and duration of dephosphorization on the residual phosphorus content in the free phosphorus concentrate was studied. Based on the results of the experiment, the optimum technological parameters of the sulfuric acid leaching were determined, affecting the quality of the dephosphorization of magnetite concentrate.*

**Key words:** *dephosphorization, research, influence of technological parameters, optimal parameters, iron content, residual phosphorus content.*

Алжирская Народная Демократическая Республика одна из крупнейших стран Африки по запасам железной руды. В южной провинции Тиндуф выявлены крупнейшие девонские осадочные месторождения оолитовых железных руд Gara Djebilet, общие запасы в которых более 2-х млрд. тонн. Разработка этого месторождения сдерживается вследствие высокого (до 0,75-1,0 %) содержания фосфора в руде.

Исследования по обогащению железной руды месторождения Gara Djebilet проводились ранее многократно, начиная с 1960-х гг. В этих исследованиях использовались в основном механические способы обогащения (измельчение и последующие операции отделения рудных компонентов от пустой породы – магнитная сепарация, флотация и т.п.). При этом не удавалось получить железорудный концентрат с приемлемым для последующего металлургического передела содержанием фосфора, который в основном переходил при обогащении в концентрат, так как был предположительно химически связан с железом.

В связи с этим актуальным является проведение лабораторных исследований с целью разработки оптимальной технологии переработки алжирской железной руды месторождения Gara Djebilet для получения концентрата с максимально возможным содержанием железа и минимально возможным остаточным содержанием фосфора после стадии выщелачивания водным раствором серной кислоты.

Для достижения цели настоящего исследования необходимо решение следующих задач:

1) разработать методику и оборудование для проведения лабораторного эксперимента по дефосфорации предварительно обожженной железной руды путем гидрометаллургической обработки.

2) в соответствии с результатами эксперимента, определить оптимальные параметры сернокислотного выщелачивания фосфора: крупность измельчения, удельный расход серной кислоты, температуру подогрева пульпы и длительность дефосфорации.

В первой серии опытов изучали влияние крупности измельчения обожженной руды на содержание фосфора в концентрате. Исходными параметрами для проведения эксперимента являлись: температура обжига железной руды 950 °С, концентрация серной кислоты в водном растворе до 30 г на 100 г концентрата, соотношение твердого к жидкому – 1:2, время выщелачивания 120 минут, температура пульпы до 65 °С. Технологические параметры обесфосфоривания (температура, концентрация и время) в поисковых опытах выбраны на основе опыта гидрометаллургической обработки лисаковских руд [4] и являются намеренно завышенными, чтобы оценить лишь влияние степени измельчения материала перед выщелачиванием на остаточное содержание фосфора в конечном продукте. Исследуемые размеры фракций: 2 мм, минус 0,071 мм и минус 0,044 мм. Содержание фосфора в исходной руде составляет 0,75 %. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.

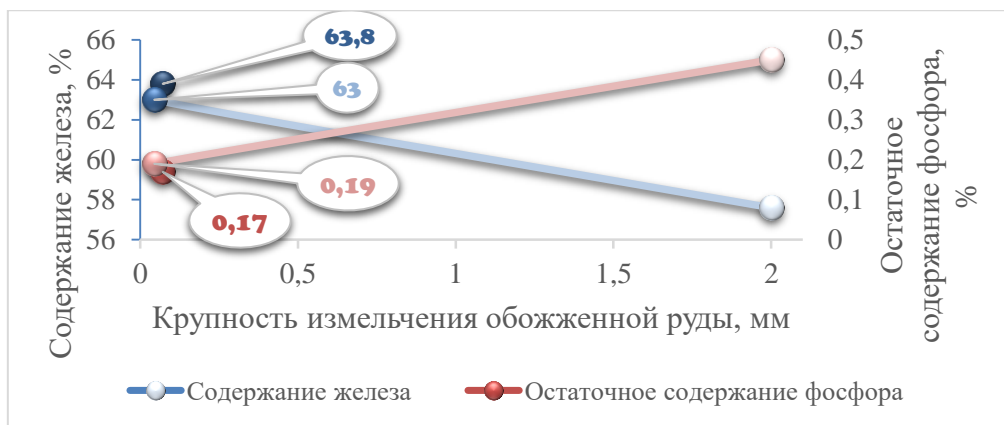


Рис. 1. Зависимость содержания железа и остаточного содержания фосфора от крупности измельчения обожженной руды

Исходя из результатов видно, что остаточное содержание фосфора в концентрате после обработки водным раствором серной кислоты в крупности минус 0,044 мм, так и в крупности минус 0,071 мм отличается не существенно (составляет в среднем 0,18 %, предел погрешности химического анализа 0,024%). На основании полученных результатов в качестве оптимальной степени измельчения обожженной руды принята крупность минус 0,071 мм.

Во второй серии опытов изучали влияние удельного расхода серной кислоты на содержание фосфора в обесфосфоренном концентрате. Для проведения исследования на данном этапе использовался слабый водный раствор серной кислоты массовой концентрацией от 5 до 30 г на 100 г концентрата при соотношении твердого материала к жидкой фазе Т:Ж=1:2. Пульпу активно перемешивали в течение 120 минут при температуре 65 °С. Результаты эксперимента представлены на рисунке 2.

Анализ отобранных проб показал, что остаточное содержание фосфора при концентрациях 5-15 г серной кислоты на 100 г концентрата остается довольно высоким и составляет в среднем 0,4 %. В связи с этим в качестве оптимальной массовой концентраций серной кислоты в водном растворе принято 20 г на 100 г концентрата.

В третьей серии опытов определяли влияние температуры подогрева пульпы на качество обесфосфоренного магнетитового концентрата. В каждом опыте водный раствор серной кислоты разогревали до температур: 25 °С, 45 °С и 65 °С. Процедуру выщелачивания проводили при ранее определенных оптимальных технологических параметрах. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3.

Как видно на рисунке 3 температура подогрева не значительно влияет на содержание железа и фосфора, следовательно, в качестве оптимальной температуры принята 25 °С.

В четвертой серии опытов исследовали влияние длительности дефосфорации на содержание фосфора в концентрате. Время выщелачивания выбрали в диапазоне от 20 до 120 мин. В качестве исходных технологических параметров использовали все ранее выявленные оптимальные величины. Результаты эксперимента представлены на рисунке 4.

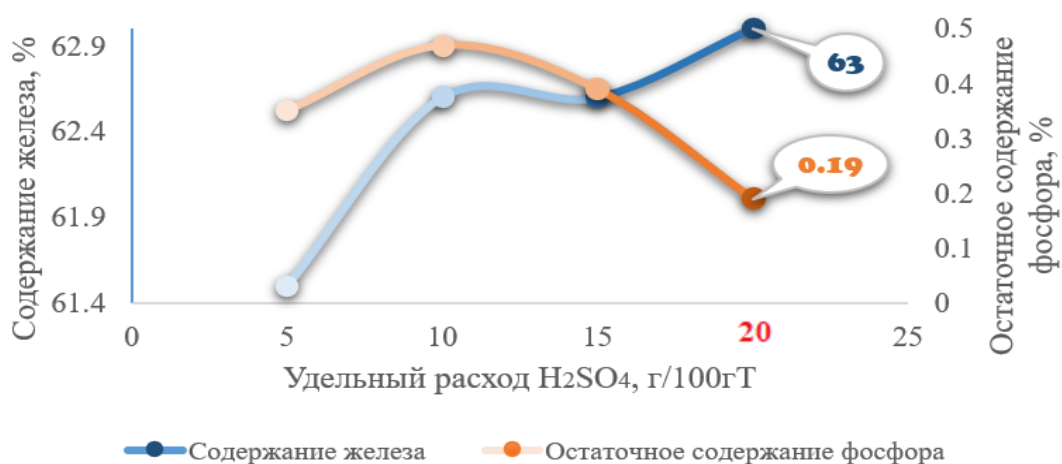


Рис. 2. Зависимость содержания железа и остаточного содержания фосфора от удельного расхода серной кислоты

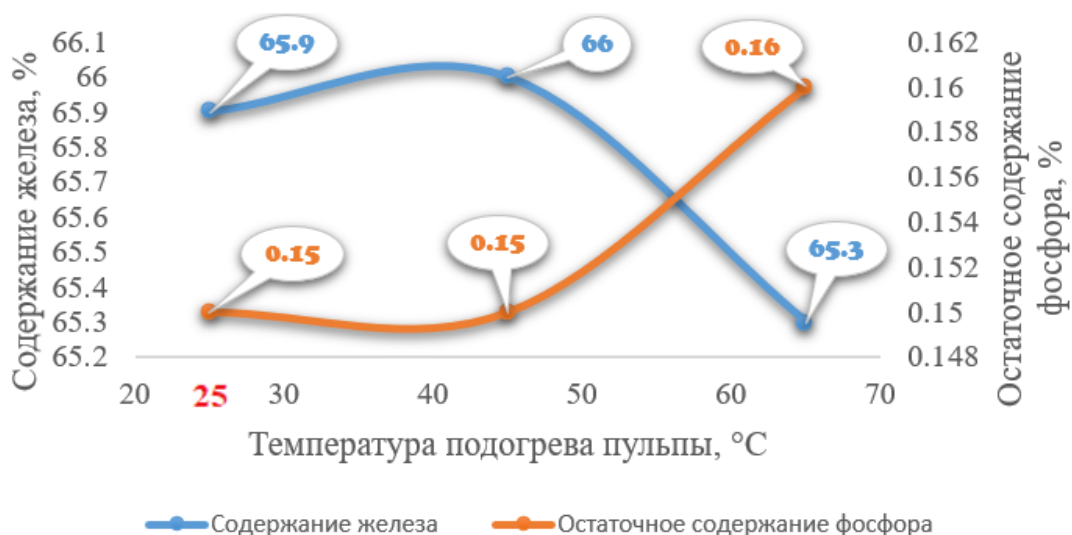


Рис. 3. Зависимость содержания железа и остаточного содержания фосфора от температуры подогрева пульпы

При исследовании процесса обесфосфоривания с длительностью в диапазоне от 20 до 120 минут наблюдается не существенная зависимость влияния снижения содержания фосфора от времени дефосфорации. Исходя из этого в качестве оптимальной и достаточной длительности дефосфорации принимаем время равное 20 минут.

Таким образом на экспериментальной базе ОАО «ВНИИМТ» была разработана технология обесфосфоривания предварительно обожженной железной руды. Результатом данного исследования является определение приемлемых технологических параметров сернокислотной обработки магнетитового концентрата (рис. 5).

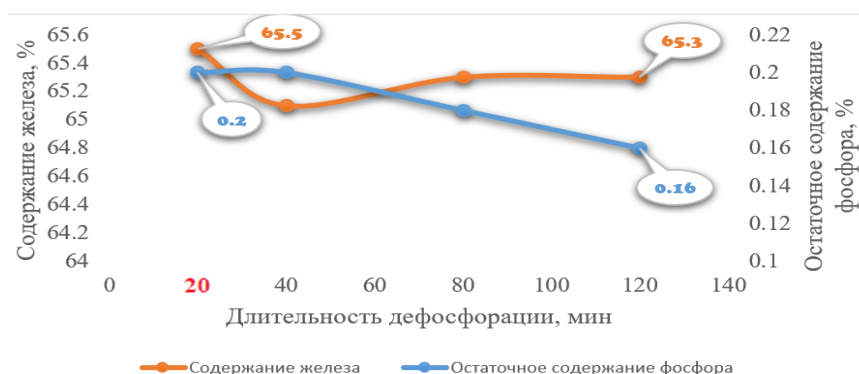


Рис. 4. Зависимость содержания железа и остаточного содержания фосфора от длительности дефосфорации

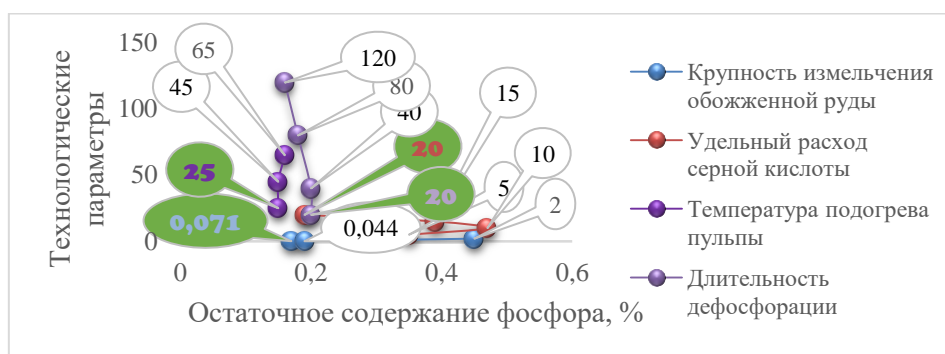


Рис. 5. Зависимость содержания остаточного содержания фосфора от технологических параметров

При данных технологических параметрах содержание железа в концентрате возросло от исходного 52,1 % до 65,3 %, а остаточное содержание фосфора в концентрате снизилось от исходного 0,75 % до 0,15 %.

### Список использованных источников

1. Беликов В.В., Огородов В.Б., Ядрышников А.О. [и др.]. Способ очистки железорудного концентрата от примесей фосфора. – Патент РФ, №2184158, 27.06.2002.
2. Епишин А.Ю. Совершенствование технологии обжига лисаковского железорудного концентрата во вращающейся печи: дис. ... канд. тех. наук: 05.16.02: Екатеринбург, 2013 – 138 с.
3. Епишин А.Ю., Зайнуллин Л.А., Карелин В.Г. О дефосфорации лисаковского бурого железняка методов выщелачивания с предварительным обжигом // Сборник материалов VIII конгресс обогатителей стран СНГ, М, 2011, т.1, с.83-86.
4. Карелин В.Г., Зайнуллин В.Г., Епишин А.Ю., Артов Д.А. Комбинированная пиро-гидрометаллургическая технология обесфосфоривания бурого железняка Лисаковского месторождения // Черная металлургия, Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2015. №2. С.10-15.